



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 198 13 742 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 22 F 3/105  
B 22 C 7/00  
B 29 C 67/00

21 Aktenzeichen: 198 13 742.7-24  
22 Anmeldetag: 27. 3. 98  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 15. 7. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
EOS GmbH Electro Optical Systems, 82152  
Planegg, DE

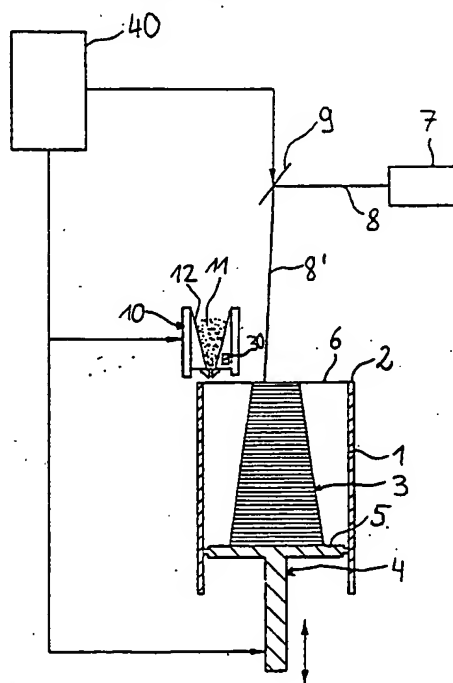
74 Vertreter:  
Prüfer und Kollegen, 81545 München

72 Erfinder:  
Graf, Bernhard, 86938 Schondorf, DE; Mattes,  
Thomas, 82110 Germering, DE; Reichmann, Lutz,  
07749 Jena, DE

59 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
US 48 63 538  
WO 95 18 715 A1

54 Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes sowie Vorrichtung zum  
Aufbringen einer Schicht eines pulverförmigen Materials auf eine Oberfläche

57 Es wird eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidi-  
mensionalen Objektes bereitgestellt, die einen Träger (4)  
mit einer im wesentlichen ebenen Oberfläche (5), eine  
Vorrichtung (10) zum Aufbringen einer Schicht eines pul-  
verförmigen durch Einwirkung elektromagnetischer  
Strahlung verfestigbaren Materials auf den Träger (4) und  
eine Bestrahlungseinrichtung (7) zum Bestrahlen des Ma-  
terials an den dem Objekt entsprechenden Stellen der  
Schicht und eine Einrichtung (30) zum Erzeugen eines  
elektrischen Feldes zum Abbau von Ladungsunterschieden  
auf den Pulverpartikeln aufweist.



DE 198 13 742 C 1

DE 198 13 742 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 13 und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 14 sowie eine Vorrichtung zum Aufbringen einer Schicht eines pulverförmigen Materials auf eine im wesentlichen ebene Oberfläche nach dem Oberbegriff des Anspruchs 10.

Eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch selektives Lasersintern ist beispielsweise aus der US 4,863 538 bekannt. Dort wird eine vorbestimmte Menge eines pulverförmigen Materials auf eine absenkable Unterlage gegeben und dort mittels einer über die Unterlage bewegbaren Walze unter gleichzeitiger Rotation der Walze entgegen der Fortbewegungsrichtung verteilt. Danach wird das verteilte Material an den dem Objekt entsprechenden Stellen der so gebildeten Materialschicht bestrahlt, so daß das Material dort zusammensintert.

Aus der WO 95/18715 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff der Patentansprüche 1, 12 bzw. 13 und eine Vorrichtung zum Aufbringen einer Schicht eines pulverförmigen Materials auf eine im wesentlichen ebene Oberfläche nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10 bekannt.

Der aus der WO 95/18715 bekannte Beschichter weist eine breite untere Austrittsöffnung auf. Dabei besteht das Problem, daß durch das Eigengewicht des Pulvers beim Austritt aus dem Pulverbehälter Kräfte auftreten, die auf bereits sich auf dem Baufeld befindlichen angefangenen Sinterteile wirken und dazu führen können, daß diese im Pulverbett verschoben werden. Um dies zu verhindern, müssen die Teile an die Bauplattform angebunden werden, beispielsweise mit einer Stützstruktur (support), die nicht zu dem zu bildenden Teil selbst gehört und nach Abschluß des Bauprozesses wieder entfernt werden muß. Dies ist mit Zeitaufwand und Qualitätseinbußen verbunden. Ferner benötigt die Supporterstellung ebenfalls Zeit.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes, sowie eine Vorrichtung zum Aufbringen einer Schicht eines pulverförmigen Materials auf eine im wesentlichen ebene Unterlage bereitzustellen, mit dem bzw. mit der das Objekt schneller und mit verbesserter Qualität hergestellt werden kann.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung nach den Patentansprüchen 1 und 13 und ein Verfahren nach Patentanspruch 14 sowie eine Vorrichtung nach Patentanspruch 10.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Es folgt die Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren.

Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht der Vorrichtung und

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht der Vorrichtung zum Aufbringen einer Schicht eines pulverförmigen Materials.

Wie insbesondere aus Fig. 1 ersichtlich ist, weist die Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes einen nach oben und unten offenen Behälter 1 mit kreisförmigem, quadratischem oder rechteckigem Querschnitt mit einem oberen Rand 2 auf, wobei der Querschnitt des Behälters 1 größer ist als die größte Querschnittsfläche eines herzustellenden Objektes 3. In dem Behälter 1 ist ein Träger 4

zum Tragen des zu bildenden Objektes mit einer im wesentlichen ebenen, dem oberen Rand 2 zugewandten Oberfläche 5 vorgesehen. Der Träger 4 ist mittels einem in Fig. 1 schematisch angedeuteten Antriebes in dem Behälter in vertikaler Richtung auf- und abbewegbar und in seiner Position genau einstellbar. Der obere Rand 2 des Behälters definiert eine Arbeitsebene 6. Oberhalb der Arbeitsebene 6 ist eine Bestrahlungseinrichtung in Form eines Lasers 7 angeordnet, die einen gerichteten Lichtstrahl 8 abgibt. Dieser wird über eine Ablenkeinrichtung 9, beispielsweise einem Drehspiegel, als abgelenkter Strahl 8' in Richtung der Arbeitsebene 6 abgelenkt.

Es ist eine Aufbringvorrichtung 10 zum Aufbringen eines zu verfestigenden Pulvermaterials 11 auf die Trägeroberfläche 5 oder eine zuletzt verfestigte Schicht vorgesehen. Die Aufbringvorrichtung 10 weist einen in Fig. 2 genauer dargestellten Behälter 12 in Form eines langgestreckten Trichters, der sich quer über die von dem oberen Rand 2 des Behälters 1 begrenzte Fläche erstreckt. Der Behälter 12 weist zwei parallel in einem Abstand zueinander angeordnete Seitenwände 13, 14 auf, die sich in vertikaler Richtung erstrecken. Zwischen den Seitenwänden 13, 14 weist der Behälter einen im wesentlichen V-förmigen Querschnitt auf, der von zwei zueinander geneigten Seitenwänden 15, 16 begrenzt ist, wobei sich der Querschnitt nach unten, d. h. in Richtung des oberen Randes 2 des Behälters 1 verjüngt. An ihrem dem oberen Rand 2 des Behälters 1 zugewandten unteren Ende weisen die Seitenwände 15, 16 des so gebildeten trichterförmigen Behälters 12 jeweils eine Klinge 17, 18 auf, wobei durch den Abstand der beiden Klingen 17, 18 zueinander eine schmale Austrittsöffnung für das Pulver 11 aus dem Behälter 12 in Form eines Austrittsspalt 19 gebildet wird. Die Breite des Austrittsspalt 19 wird durch Verstellen des Abstandes der Seitenwände 15, 16 eingestellt. Die Klingen 17, 18 können einstückig mit der jeweiligen Seitenwand 15, 16 gebildet sein. Beispielsweise beträgt die Spaltbreite ca. 1 mm bei einer Korngröße von ca. 0,2 mm. Der Pulverbehälter 12 ist nach oben hin offen, um das Einfüllen von Pulver zu ermöglichen. Der Austrittsspalt 19 und die obere Öffnung 20 des Behälters erstrecken sich jeweils über im wesentlichen die gesamte Länge des Behälters 12, so daß der gesamte Behälter ein sich nach unten verengender Trichter mit einer Länge, die im wesentlichen dem Durchmesser des oberen Randes 2 des Behälters 1 bzw. der Trägeroberfläche 5 entspricht, gebildet ist.

Die Aufbringvorrichtung 10 ist mittels eines nicht dargestellten Antriebes von einer ersten Endstellung auf einer Seite des Behälters 1 in eine zweite Endstellung auf die gegenüberliegende Seite des Behälters 1 und wieder zurück über den Behälter hin und her bewegbar.

Wie insbesondere aus Fig. 2 ersichtlich ist, ist an einem Ende einer Seitenwand 16 des Behälters 12 angrenzend an die äußere Seitenwand 14 eine Entladeelektrode 30 zum Erzeugen eines elektrischen Feldes angeordnet. Die Entladeelektrode 30 ist in einem der Arbeitsebene 6 zugewandten unteren Bereich des Endes der Seitenwand 16 nahe bei dem Austrittsspalt 19 angebracht. Die Entladeelektrode dient zum Erzeugen eines starken elektrischen Feldes zum Erzeugen von Ionen in der die Vorrichtung umgebenden Atmosphäre. Die Entladeelektrode 30 ist so ausgebildet, daß sie auf ein Potential zwischen etwa +5 kV und -5 kV gebracht werden kann. Weil die Entladeelektrode 30 mit dem Behälter 12 fest verbunden ist, ist sie zusammen mit dem Behälter 12 über die Oberfläche der zu verfestigenden Schicht hin und her verfahrbar.

Der Antrieb zur Höheneinstellung des Trägers 4, der Antrieb zum Verfahren der Aufbringvorrichtung 10 über den Behälter 1 und der Antrieb zum Verstellen der Ablenkein-

richtung 9 werden über eine zentrale Steuerung 40 koordiniert gesteuert.

Im Betrieb wird zunächst vor der Inbetriebnahme der gesamten Vorrichtung der Abstand der Klingen 17, 18 so eingestellt, daß er für das verwendete Pulvermaterial geeignet ist. Als Pulvermaterial wird beispielsweise ein Kunststoff-, Metall- oder Keramikpulver oder ein mit Phenolharz oder mit einem sonstigen thermoplastischen Kunststoff beschichteter Sand, sogenannter Formsand, verwendet. Der Behälter 12 wird vor Beginn des Bauprozesses mit dem Pulver 11 gefüllt. Anschließend wird der Träger 9 mittels der Höheneinstellvorrichtung in die höchste Stellung gefahren, in der die Trägeroberfläche 5 in einem Abstand der Schichtdicke der ersten aufzubringenden Schicht unterhalb des oberen Randes 2 liegt. Dann wird die Aufbringvorrichtung 10 bzw. der Beschichter mittels des Antriebes über die Arbeitsebene 6 verfahren. Dabei tritt das Pulver durch den Austrittsspalt 19 aus und bildet die erste Schicht. Anschließend wird der Laser 7 eingeschaltet und die Ablenkeinrichtung 9 über die Steuerung 40 derart gesteuert, daß der abgelenkte Lichtstrahl nacheinander an allen gewünschten, also dem Objekt an dieser Schicht entsprechenden Stellen der Schicht auftrifft und dort das Pulvermaterial durch Sintern verfestigt.

In einem zweiten Schritt wird die Unterlage um den Betrag der Dicke der nächsten Schicht abgesenkt und wiederum eine Pulverschicht aufgetragen und der Schritt des Bestrahls an den dem Querschnitt des Objektes in dieser Schicht entsprechenden Stellen wiederholt. Diese Schritte werden so oft wiederholt, bis das Objekt fertiggestellt ist.

Beim Auftragen einer Schicht kann sich durch die Enge des Spaltes 19 das aufzutragende Pulver 11 an den Wänden 15, 16 des Beschichterbehälters 12 abstützen und übt somit kaum noch Kraft auf das unter dem Beschichter liegende Pulverbett mit dem bereits darin gebildeten Sinterteil aus. Zur Realisierung des schmalen Austrittsspalt 19 des Beschichters ist es vorteilhaft, die elektrostatische Aufladung des Pulverbetts, die sich beim Auftragen neuer Schichten durch Reibung bei bestimmten Materialien zwangsläufig ergibt, abzubauen, damit die Austrittsöffnung 19 nicht durch Anhaften aufgeladener Partikel verstopft wird. Hierzu wird während des gesamten Bauprozesses die an den Beschichter 10 angebrachte Entladeelektrode 30 eingeschaltet, die ein starkes elektrisches Feld erzeugt. Damit werden in der umgebenden Luft Ionen erzeugt, die dann zum Abbau der Ladungsunterschiede zwischen den Pulverpartikeln zur Verfügung stehen. Durch das Anbringen der Entladeelektrode direkt an dem Beschichter in der Nähe des Austrittsspalt 19 ist gewährleistet, daß die gesamte Oberfläche des im Behälter 1 liegenden Pulvers entladen wird und so keine Agglomerate von geladenen Partikeln am Beschichter anhaften und den Austrittsspalt 19 verstopfen. Somit ist ein kontinuierlicher Durchfluß von Pulverpartikeln gegeben.

Abwandlungen der Vorrichtung sind möglich. Es ist möglich, an zwei gegenüberliegenden Enden einer Seitenwand des Behälters jeweils eine Entladeelektrode vorzusehen, um gleichmäßig über die Breite der Arbeitsoberfläche die umgebende Atmosphäre ionisieren zu können. Beispielsweise kann die Entladeelektrode 30 auch als zwei an gegenüberliegenden Seiten des Behälters 1 angeordnete Kondensatorplatten realisiert werden, welche dann ein elektrisches Feld über die gesamte Baufläche hin erzeugen. Es kann sowohl ein stationäres elektrisches Feld als auch ein elektrisches Wechselfeld erzeugt werden. Falls das verwendete Pulver sich nicht oder nur ganz gering auflädt, kann unter Umständen auch auf die Entladeelektrode verzichtet werden und allein der erfindungsgemäße Beschichter mit dem schmalen Austrittsspalt verwendet werden. Zusätzlich können auch an dem Beschichter 10 noch Abstreifelemente vorgesehen sein.

Alternativ zum Einstellen der Spaltbreite über die verstellbaren Klingen können die Klingen auch fest an den Seitenwänden montiert sein und die Spaltbreite durch Verschieben der Seitenwände insgesamt zueinander eingestellt werden. Es ist auch denkbar, einen austauschbaren Beschichter mit jeweils fester Spaltbreite vorzusehen. Ferner ist es auch möglich, die geraden Seitenwände 13, 14 wegzulassen.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes mit einem Träger (4) zum Tragen des zu bildenden Objektes (3) mit einer im wesentlichen ebenen Oberfläche (5), einer Vorrichtung (10) zum Aufbringen einer Schicht eines pulverförmigen, durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Materials (11) auf die Oberfläche und einer Bestrahlungseinrichtung (7) zum Bestrahlen des Materials (11) an den dem Objekt (3) entsprechenden Stellen der Schicht, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (30) zum Erzeugen eines elektrischen Feldes zum Abbau von Ladungsunterschieden auf den Pulverpartikeln vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (30) als Entladeelektrode ausgebildet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (30) an der Vorrichtung (10) zum Aufbringen einer Schicht angebracht ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (30) ein stationäres elektrisches Feld oder ein elektrisches Wechselfeld erzeugt.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zum Aufbringen einer Schicht (10) einen über die Oberfläche (5) verfahrbaren Beschichter (12) umfaßt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschichter (12) einen Trichter mit sich in Richtung der Oberfläche (5) hin verjüngenden V-förmigen Querschnitt umfaßt.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschichter (12) eine sich quer über die Oberfläche (5) erstreckende Austrittsöffnung (19) für das Pulver aufweist, deren Breite einstellbar ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsöffnung (19) spaltförmig ausgebildet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsöffnung (19) durch zwei in einem Abstand voneinander an dem Beschichter (12) angeordnete und zueinander im Abstand einstellbare Klingen (17, 18) gebildet ist.
10. Vorrichtung zum Aufbringen einer Schicht eines pulverförmigen Materials auf eine im wesentlichen ebene Oberfläche (5) mit einem oberhalb der Oberfläche (5) angeordneten Behälter (12) für das Material (11), der mit einem Antrieb zum Bewegen des Behälters (12) im wesentlichen parallel über die Oberfläche (5) verbunden ist und an seiner der Oberfläche (5) zugewandten Seite eine Austrittsöffnung (19) für das Material (11) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Breite der Austrittsöffnung (19) einstellbar ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsöffnung (19) als ein sich an

der Unterseite des Behälters (12) quer über die Oberfläche (5) erstreckender Spalt ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Austrittsöffnung weniger als das Zehnfache des durchschnittlichen 5 Durchmessers der Pulverpartikel beträgt.

13. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes mittels Lasersintern, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Beschichter eine Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11 aufweist. 10

14. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes, bei dem das Objekt (3) schichtweise dadurch erzeugt wird, daß jeweils eine Schicht durch Bestrahlen mit elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren, pulverförmigen Material (11) aufgetragen und anschließend an den dem Objekt (3) entsprechenden Stellen durch Bestrahlen verfestigt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein elektrisches Feld zum Abbau von Ladungsunterschieden zwischen den Pulverpartikeln erzeugt wird. 15 20

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Feld während des gesamten Bauprozesses erzeugt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Feld nur beim Beschichten erzeugt wird. 25

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

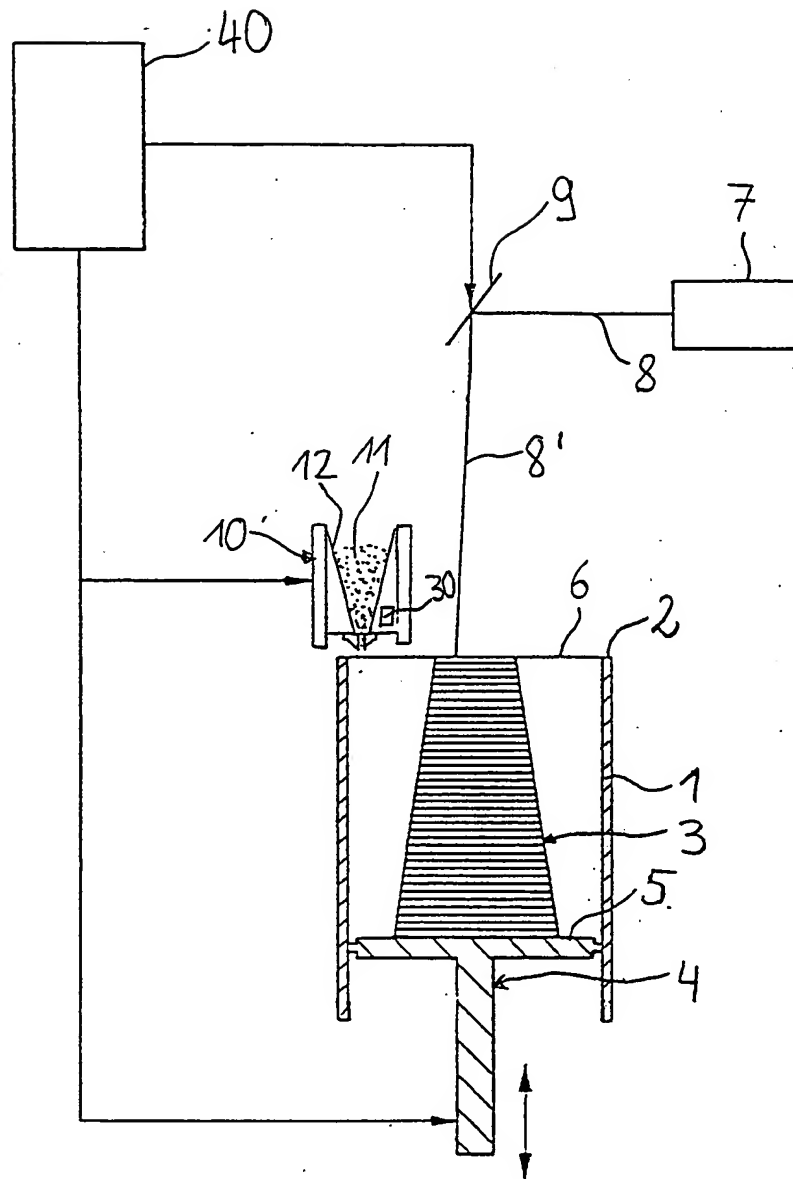


Fig. 1

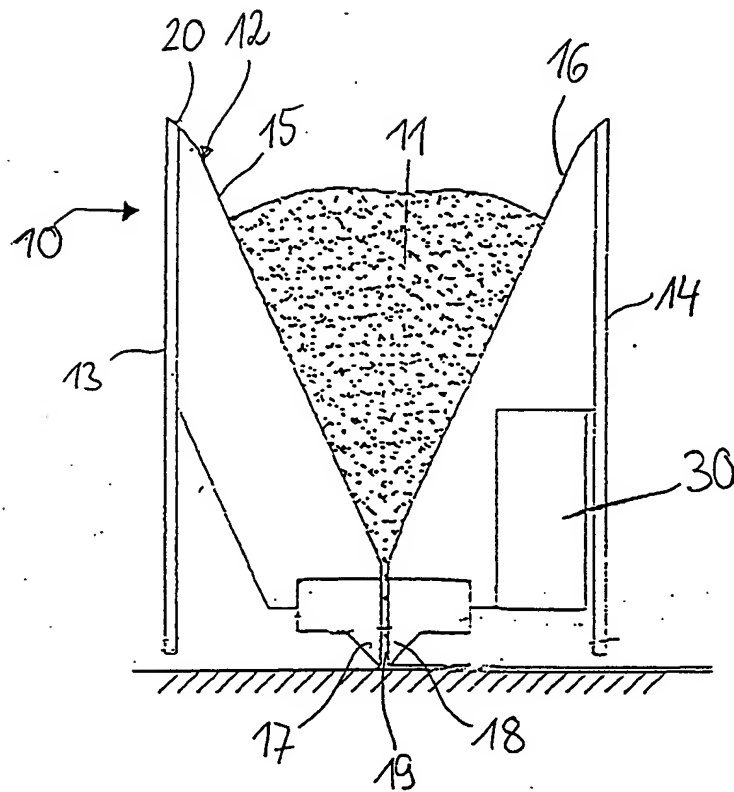


Fig. 2